Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft in Schulzimmern.

Von Dr. **Wilhelm Fossek.**

(Universitäts-Laboratorium des Prof. A. Lieben.)

(Mit 1 Tafel.)

Im Laufe des vergangenen Winters kam ich in die Lage, den Gehalt der Luft an Kohlensäure in einigen Schullocalitäten Wiens zum Zwecke der Feststellung des Wirkungswerthes von Ventilationsanlagen ermitteln zu sollen. Ich wandte zu diesem Zwecke anfänglich die von Pettenkofer'sche[1] Flaschenmethode an, welche zur Ermittlung des Kohlensäuregehaltes der Luft in Schulzimmern auch von Breiting,[2] W. Hesse,[3] Schottky[4] und Rietschel[5] benützt wurde.

Von den vielen zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der atmosphärischen Luft angewandten Methoden ist diese (da die Aspirationsmethoden, mittelst welcher nur der durchschnittliche Kohlensäuregehalt der Luft während eines längeren Zeitabschnittes bestimmt werden kann, hier nicht anwendbar sind), namentlich mit Benützung der von W. Hesse[6] vorgeschlagenen Modificationen, ohne Zweifel für den benannten Zweck die tauglichste, da sie verlässlichere Resultate gibt, als die so-

---

1 v. Pettenkofer, Annal. Suppl. 2, 12.

2 Breiting, deutsche Vereinschft. f. öff. Gesundheitspflege, II, 17, (1870).

3 W. Hesse, ibidem, X. 265, (1878).

4 Schottky, Zeitschft. f. Biologie XV, 549, (1879).

5 H. Rietschel, Lüftung und Heizung von Schulen, Berlin, V. Springer, (1886).

6 W. Hesse, Zeitschft. f. Biologie XIII, 395, (1877). Eulenburgs Vierteljahrschft. f. gerichtl. Medicin und öff. Sanitätswesen. Neue Folge 31, 357, (1879), 34, 361, (1881), 38, 134, (1883).

genannten minimetrischen Verfahren von Lunge,[1] Wolpert,[2] Ballo[3] etc. und auch den Unterricht weniger stört als andere Methoden. (Pettersson,[4] Blochmann,[5] Van Nüys[6]). Doch auch das v. Pettenkofer-Hesse'sche Verfahren hat seine Schattenseiten. Die Füllung der angewandten Glasballons mit der Luft des Schulzimmers geschieht entweder mit dem Blasebalg oder durch Ansaugen mittelst eines bis auf den Boden des Ballons reichenden Schlauches. In beiden Fällen befindet sich die manipulirende Person in der Nähe des Kolbens, der mit der zu untersuchenden Luft gefüllt werden soll und daraus resultirt immerhin die Gefahr, dass eben ausgeathmete Luft mit aufgefangen wird. Jedenfalls muss diese Füllung, wenn sie halbwegs verlässlich sein soll, vom Chemiker selbst vorgenommen werden, was für diesen schon wegen Zeitverlustes — man denke an stündlich vorzunehmende Füllungen — nicht angenehm und für den Unterricht nicht erspriesslich ist. Das Erscheinen einer den Schülern fremden Persönlichkeit und dessen diesen unverständliche Proceduren rufen unvermeidlich grosse Störungen im Unterrichte hervor.

Nun kommt noch dazu, dass auch die weiteren Operationen, welche zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes erforderlich sind, im Schulzimmer selbst vorgenommen werden sollen oder doch in einem Raum, der keine niedere Temperatur als dieses aufweist. Ersteres ist wegen des dazu gehörigen umfangreicheren Apparates und der länger dauernden Hantierungen geradezu unausführbar, letzteres aber ein Erforderniss, das den Werth der Methode unter Umständen — im Winter oder Hochsommer — stark herabdrückt.[7]

---

1 Lunge, Zur Frage der Ventilation, 2. Aufl. Zürich (1879).

2 Wolpert, Gesundheitsingenieur N. 7, (1883).

3 Ballo u. Nienstädten, Repertor. d. anal. Chemie, VI, 13.

4 Pettersson, Zeitschr. f. anal. Chemie 25 (1886).

5 Blochmann, Annal. d. Ch. 39, 237, (1886).

6 Van Nüys, American Chemical Journal, Vol. 8, 190, (1886).

7 Der Fehler, der dadurch entsteht, dass der in einem warmen Raum mit Luft gefüllte und mit einem Kautschukpfropf verschlossene Kolben, in einem anderen Raum, der eine niedere Temperatur als der erste besitzt, geöffnet wird, kann recht bedeutend sein. In einem Falle meiner Praxis füllte ich einen Kolben, der gegen 1 Liter fasste, im geheizten Lehrzimmer

Diese Erfahrungen bestimmten mich für den speciellen Zweck der Luftuntersuchung in Schulzimmern ein anderes Verfahren einzuschlagen, bei welchem die Luft beliebiger Zeiträume dem Schulzimmer in unauffälliger und ganz verlässlicher Weise durch den Lehrer entnommen werden kann und bei welchem die Genauigkeit der Bestimmung von der Temperatur und dem Kohlensäuregehalte des Arbeitsraumes nicht beeinflusst wird.

Zur Luftentnahme verwendete ich den im Folgenden beschriebenen Apparat:

Apparat zur Luftentnahme.

Drei Glaskugeln I, II, III sind, wie aus der Zeichnung Fig. I ersichtlich ist, in der Weise mittelst kurzer Röhren an das horizontal liegende, rechtwinklig gebogene Glasrohr *a* angeschmolzen, dass die beiden Schenkeln dieser horizontalen Röhre an ihren Enden je eine Kugel tragen und eine im Winkel selbst aufsitzt. Vom Winkel aus geht ferner noch ein kurzes Röhrchen *z*, in der den Röhren, welche die Kugeln tragen, entgegengesetzten Richtung nach abwärts.

Die Kugeln sind stark im Glas und alle am oberen Pol mit circa 20 Ctm. langen Capillarröhren verbunden, die knapp am freien Ende, wie die Zeichnung zeigt, rechtwinklig abgebogen sind und ziemlich in der Mitte einen Glashahn haben. Die abgebogenen Enden sind mit kurzen Stücken eines dickwandigen Kautschuklauches (*b*) in Verbindung.

Der ganze Kugelapparat sitzt auf dem, in dem Holzkästchen *c* gut befestigten Brettchen *e* auf und zwar in einer horizontalen

---

vor Beginn des Unterrichtes mit einer Luft von 22°. Die weiteren Operationen musste ich dann in einem Zimmer ausführen, das nur gegen 15° hatte. Nach der Berechnung werden darum beim Öffnen des Verschlusses circa 26 CC. der Luft eines anderen CO_2gehaltes in den Kolben geströmt sein. Angenommen, die Luft im Lehrzimmer vor dem Unterricht enthielt, da es ventilirt war, 0·07 Vol. % CO_2, die im letzteren Raume aber, der nicht ventilirt war, 0·14 Vol. % CO_2, so werden 0·036 CC. CO_2 — soviel sind in dem nachgeströmten Luftquantum enthalten — zuviel gefunden werden und das sind in diesem Falle circa 5 Vol. % der ganzen vorhandenen CO_2-Menge.

rechtwinklig gebogenen 2 Ctm. tiefen Rinne desselben, in deren Winkel zum Durchgehen des Ansatzstückes *z* eine senkrechte Bohrung angebracht. Nach dem Einstellen des Apparates wird die Rinne mit Gypsbrei ausgegossen.

An das Ansatzstück *z* ist ein starkwandiger Gummischlauch befestigt, der zu dem circa 400 CC. fassenden, in Schienen vertical beweglichen Gefäss *f* führt, das zur Aufnahme von Quecksilber dient und mit einem Kork, der in einer Bohrung das beiderseits offene Glasröhrchen *g* trägt, verschlossen ist.

Das Gefäss *f* enthält soviel Quecksilber (circa 5 Kilogrm.), dass dasselbe bei der Hebung bis zu dem Punkt 4, woselbst es durch den, in einer horizontalen Bohrung der Kästchenwand verschiebbaren Stift 4 festgehalten werden kann, alle Kugeln bis zu den Hähnen ausfüllt. Beim Senken des Reservoirs bis zum Stift 3, der in der Wand fixirt ist, wird das Quecksilber aus den Kugeln ausfliessen und sich bei den Marken h h' h'' ins Niveau stellen.

Der Rauminhalt der Kugeln ist von den mit einem Diamanten eingezeichneten Marken h h' h'' bis zu den Hähnen bestimmt und beträgt zwischen 120 und 150 CC. per Kugel.

Zwischen den verschiebbaren Stift 4 und den fixirten 3 befinden sich die in Wandbohrungen ebenfalls horizontal beweglichen Stahlstifte 1 und 2. Diese dienen dazu, das Quecksilbergefäss in den beiden entsprechenden Stellungen festzuhalten, welche zur Entleerung des Quecksilbers aus den Kugeln I und II bis zu den Marken h, h', beziehungsweise zur Füllung derselben mit Luft (nach Öffnung der entsprechenden Hähne) erforderlich sind.

Um nun den Apparat für den Gebrauch fertig zu stellen, werden durch Hebung des Quecksilberbehälters bis zum Stift 4 die Kugeln mit Quecksilber gefüllt, dann die Hähne geschlossen und das entleerte Reservoir auf den Stift 1 ruhen gelassen. So vorbereitet enthält das Kästchen, das 40 Ctm. hoch, 15 Ctm. tief, 28 Ctm. breit, an den Seiten mit Handhaben versehen und vorne mit einem Brettchen verschliessbar ist und dem auch ein Thermometer beigegeben wird, einen passenden Platz im Lehrzimmer. Um nun die Kugel I mit der Luft des Schulzimmers zu füllen, bedarf es nur der Öffnung des Hahnes dieser Kugel und seiner

Schliessung, wenn nach Verlauf weniger Minuten, während welcher Zeit die Temperatur der nächsten Umgebung des Apparates abzulesen und zu notiren ist, das Quecksilber in derselben bis zur Marke *h* gesunken ist. Damit auch von in derlei Handgriffen gänzlich ungeübten Händen das Öffnen und Schliessen der Hähne ohne Gefährdung des Apparates geschehen kann, d. h. um auch hintanzuhalten, dass durch etwaige heftige Bewegungen des Hahnes irgend ein Brechen des Rohres oder der Kugel erfolgt, ist noch weiter oberhalb des Hahnes in dem Zwischenraum zwischen der Kastenwand und dem Glasrohr ein sorgfältig angepasstes Korkstück *i* eingesetzt und mit dem Glasrohr und der Holzwand derartig mit Draht festgemacht, dass jede Bewegung dieses Rohres, das den Hahn trägt, unmöglich wird.

Wird nun nach der Füllung der Kugel I mit Luft der Stift 1, der das Quecksilbergefäss in der Höhe, welche zur genauen Einstellung des Quecksilberniveaus bei der Marke *h* nothwendig war, zurückgezogen, so sinkt das Gefäss auf den Stift 2 herab und es wird auch nun wieder nur der Öffnung des Hahnes der Kugel II bedürfen, damit sich diese automatisch mit Luft (eines anderen Zeitabschnittes) bis zur Marke *h'* füllt. Ebenso bei der Kugel III.

Mit Hilfe dieses Apparates ist es also möglich, dass dem Lehrzimmer die Luft dreier Zeitabschnitte in ganz verlässlicher Weise durch den Lehrer entnommen wird, ohne dass der Unterricht nennenswerth gestört würde und hiezu die Anwesenheit des Chemikers nothwendig wäre.

Die weiteren Operationen können nun nach beliebiger Zeit und in jedem Raum, ohne Rücksicht auf die Temperatur und den Kohlensäuregehalt der Luft desselben ausgeführt werden. Sie sind in Kürze die folgenden: die Kugeln werden mit Kölbchen in Verbindung gesetzt, welche mit kohlensäurefreier Luft gefüllt sind, eine abgemessene Menge Barytwassers von bekanntem Gehalte enthalten und etwas evacuirt wurden. Durch Heben des Quecksilberreservoirs und Anwendung eines Gummiventilballons wird die Luft der Kugeln durch das Barytwasser hindurch in die Kölbchen gepresst und durch Titration die durch die Absorption der Kohlensäure bedingte Abnahme der Alkalinität des Baryt-

wassers unter Anwendung von Phenolphtalein als Indicator bestimmt.

Wie man sieht, ist dieses Verfahren eine Verbindung der Aspirations- mit der Faschenmethode. Die Operationen sind im Wesentlichen dieselben, wie sie bei diesen Methoden geübt werden, jedoch musste von der herkömmlichen Art ihrer Ausführung zum Zwecke der Erreichung einer grösseren Genauigkeit vielfach abgewichen werden, um dem geringen in Untersuchung gezogenen Luftvolumen Rechnung zu tragen.

Da die Kohlensäuremenge, welche in dem Luftvolum, das eine Kugel meines Apparates fasst, zwischen 0·04 CC., als der voraussichtlich geringsten, und 0·8 CC., als der voraussichtlich grössten Menge schwankt, so ist von vorhinein klar, dass eine einigermassen genaue Bestimmung so äusserst geringer Mengen nur dann mit Erfolg wird in Angriff genommen werden können, wenn alle Fehlerquellen möglichst vermieden werden. Fehler können aber entstehen (die bei der Füllung und Messung der Luft möglichen ausgenommen), wenn die Absorption der Kohlensäure durch das Barytwasser nicht vollständig ist,[1] wenn die angewendeten Flüssigkeiten mit atmosphärischer Luft in Berührung kommen und Kohlensäure aufnehmen und wenn bei der Titration Massflüssigkeiten in Anwendung kommen, welche nicht mit einem hohen Grad von Genauigkeit richtige Angaben machen[2] oder ein wenig empfindlicher Indicator und ungenaue Massgefässe benützt werden.

Im Nachfolgenden werde ich die Einzelheiten meines Verfahrens, die darauf hinausgehen, diese Fehlerquellen soviel als möglich auszuschliessen, näher beschreiben.

Massflüssigkeiten.

Säureflüssigkeit.

Als Säureflüssigkeit zur Titrirung des Barytwassers wird seit v. Pettenkofer meistens Oxalsäurelösung angewendet. Die

---

[1] Manche Kautschuksorten absorbiren CO_2. Es ist die Verwendung solcher Sorten daher auszuschliessen oder möglichst einzuschränken.

[2] Auch darauf ist Bedacht zu nehmen, dass manche Glasgefässe an die darin aufbewahrten Flüssigkeiten Alkali abgeben und dadurch den Titer ändern können.

Titerbestimmung derselben ist in der That äusserst bequem, da es hiezu nur eines einfachen Abwägens der berechneten Menge und Auflösens derselben in destillirtem Wasser bedarf. Allein diese Art der Titerstellung ist nicht immer verlässlich. Es ist bekannt, dass durch Sublimation gewonnene wasserfreie Oxalsäure beim Aufbewahren Wasser anzieht und dass umgekehrt die wasserhältige schon bei Zimmertemperatur Wasser abgibt.[1] Aus diesem Grunde empfiehlt auch Ulbricht[2] an Stelle der Oxalsäure bei der Titration, das Kaliumtetraoxalat zu verwenden, welches die erwähnten Untugenden der Oxalsäure nicht besitzt. Ich verwendete darum auch dieses Salz und kann, nach mehreren im hiesigen Laboratorium angestellten Versuchen Ulbrichts Angaben nur bestätigen. Auch nach monatelanger Berührung mit Luft war die Zusammensetzung dieses Salzes unverändert geblieben.

Ein weiterer Umstand verdient bei der Darstellung des Säuretiters Erwähnung.

Dass jedes destillirte Wasser, das nicht unter besonderen Cautelen dargestellt und aufbewahrt wird, Kohlensäure enthält, ist bekannt; man braucht nur etwas Barytwasser destillirtem Wassers zuzusetzen, um nach kurzer Zeit eine starke Trübung zu erhalten.

Wird nun gewöhnliches destillirtes Wasser ohneweiters zur Darstellung des Säuretiters verwendet, so wird neben der Wirkung der angewandten Säure auch die der darin gelösten

---

[1] Fresenius, Anleitg. z. quant. Analyse., 1. Bd., 6. Aufl., 132 S.

[2] R. Ulbricht, Pharm. Centralhalle 26, 198 u. Chem. Centralbtt. XVI, 459 (1885). Das Kaliumtetraoxalat hat die Zusammensetzung

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOK \end{matrix} + \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2H_2O.$$

Es wird dargestellt durch Versetzen einer warmen gesättigten Lösung von Kaliumoxalat mit etwas mehr als der berechneten Menge einer warmen gesättigten Oxalsäurelösung. Beim Erkalten fällt das Salz heraus und wird mehrmals umkrystallisirt. Die Abkühlung soll unter stetem Rühren geschehen, damit die Krystalle möglichst klein ausfallen und keine Mutterlauge einschliessen. Die Trocknung geschieht durch einfaches Absaugen und Liegenlassen an der Luft.

Kohlensäure zur Geltung kommen, jedoch nur die Wirkung der ersteren in Rechnung gebracht werden. Da dieser Fehler nicht unbeträchtlich ist,[1] so scheint es geboten, dass sowohl zur Titerstellung ein destillirtes Wasser angewendet werde, das nach dem Versetzen mit Bariumhydroxyd nochmals unter entsprechenden Vorsichtsmassregeln destillirt wurde und dass auch die Aufbewahrung und der Gebrauch der Titerflüssigkeit unter denselben Massregeln, welche eine Berührung mit atmosphärischer Kohlensäure verhindern, statthabe. Demmgemäss verfuhr ich auch.

Die Lösung des Kaliumtetraoxalates ist in concentrirtem Zustande haltbar, zersetzt sich aber (ebenso wie die Oxalsäure) im verdünnten bald unter Pilzvegetation. Darum stellte ich durch Auflösen von 7·5802 Grm. desselben in einem Liter kohlensäurefreien destillirten Wassers eine concentrirte Lösung dar, aus welcher ich bei Bedarf die zu benützende verdünnte Titerflüssigkeit herstellte. Dabei verfuhr ich so, dass 100 CC. der concentrirten Lösung in einem mit kohlensäure - freier Luft gefüllten Messkolben brachte, mit circa 2 Grm. einer 2% alkoholischen Phenolphtaleinlösung, das als Indicator benützt wurde, versetzte[2] und dann den Kolben mit destillirtem Wasser von vorerwähnter Beschaffenheit bis zur Marke anfüllte. 1 CC. dieser Lösung entspricht 0·1 CC CO_2 (bei 0° und 760 Mm. Druck).

Barytwasser.

Als Absorptionsflüssigkeit verwendete ich das gebräuchliche Barytwasser. Ich löste circa 1 Grm. Ätzbaryt im Liter destillirten Wassers auf und versetzte diese Lösung mit circa 2 Grm. Barium-

---

[1] Wurden zu 10 CC. Barytwasser, von welchen festgestellt war, dass sie zur Sättigung 18·380 CC. einer Oxalsäurelösung von bekanntem Gehalte brauchen, 10 CC. gewöhnlichen destillirten Wassers gesetzt, so war die Sättigung schon mit 18·222 CC. der Säurelösung erreicht. Dem Titer der Säure gemäss entsprechen dieser Differenz 0·015 CC. CO_2, welche also in je 10 CC. destillirten Wassers enthalten waren. 10 CC. eines frisch gefallenen Regenwassers enthielten, auf dieselbe Weise bestimmt, 0·011 CC. CO_2.

[2] W. Hesse setzt dieses dem Barytwasser zu. Ich fand das nicht vortheilhaft, da der aus der roth gefärbten Flüssigkeit herausfallende Niederschlag von $BaCO_3$ eine röthliche Färbung annimmt und dadurch das Erkennen der vollständigen Entfärbung der Flüssigkeit bei der Titration erschwert wird.

carbonat,[1] welches ich durch Einleiten von Kohlensäure in Barytlösung frisch dargestellt hatte.

Dieser Zusatz ist zur Vermeidung eines nicht unbedeutenden Fehlers dann unerlässlich, wenn zur Bereitung des Barytwassers etwa das destillirte Wasser verwendet wird, welches zur Bereitung der Säureflüssigkeit benützt wurde und das frei von Kohlensäure ist.

Bariumcarbonat löst sich nämlich in nicht unbeträchtlicher Menge in Wasser auf und diese Lösung hat die Fähigkeit, auf Phenolphtalein wie ein schwaches Alkali zu wirken, d. h. dasselbe roth zu färben.[2] Würde darum das angewandte Barytwasser nicht schon vor der Bestimmung seines Titers mit Bariumcarbonat gesättigt sein, so würden von dem bei der nachherigen Absorption der Kohlensäure der Luft entstehenden Carbonat wechselnde Mengen in Lösung gehen und es würde soviel an Titersäure mehr verbraucht werden, als das in Lösung gegangene Carbonat zu seiner Entfärbung erfordert.[3] Allerdings ist dieser Fehler vielleicht niemals gemacht worden, da jedes destillirte Wasser,

---

[1] W. Spring und L. Roland. Chem. Centralblatt 17, 82, setzten dem Barytwasser auch Bariumcarbonat zu, jedoch in anderer Absicht.

[2] Diese Beobachtung steht im Widerspruche zu R. T. Thomsons Angabe (Zeitschft. f. anal. Chemie 24, 227, 1885), welcher dem kohlensauren Baryt die Eigenschaft, Phenolphtalein roth zu färben, abspricht. Thomsons Irrthum lässt sich durch die Empfindlichkeit dieses Indicators gegen Kohlensäuer leicht erklären. Mit Phenolphtalein versetztes destillirtes Wasser, in welchem $BaCO_3$ suspendirt war, färbt sich nämlich nur dann roth, wenn das Wasser, das hiezu verwendet wurde, von vorhinein frei von Kohlensäure ist und wenn jede Berührung desselben mit CO_2hältiger Luft sorgfältig hintangehalten wird.

Dass die alkalische Reaction desselben nicht einem aus dem Glase genommenen Alkali oder einer alkalischen Verunreinigung des angewandten $BaCO_3$ zukommt, wurde durch die Anwendung von Silber- und Platingefässen und neben der spectralanalytischen Untersuchung, auch durch den Umstand festgestellt, dass immer dieselbe gleich starke alkalische Reaction der wässerigen Flüssigkeit erhalten wurde, wenn auch dieselbe geringe Menge Carbonat noch so oft mit kochendem Wasser unter Anwendung der erwähnten Vorsichtsmassregeln behandelt worden war. Auch Magnesiumcarbonat reagirt alkalisch.

[3] Wie der folgende Versuch zeigt, wäre dieser Fehler nicht unbeträchtlich. 10 CC. einer — in einem Silberkolben durch Digestion von $BaCO_3$ mit CO_2 freiem destillirten Wasser, in einer CO_2 freien Atmosphäre

das nicht besonders gereinigt und unter entsprechenden Cautelen aufbewahrt wird, soviel Kohlensäure enthält, dass ein mit diesem bereitetes Barytwasser eo ipso schon mit Bariumcarbonat gesättigt ist.

Durch die Anwendung des Phenolphtaleins als Indicator und des Zusatzes von Bariumcarbonat vor der Titerbestimmung, wird der Beisatz von Chlorbarium, welcher von v. Pettenkofer zu Eliminirung eines etwaigen Alkaligehaltes des Bariumhydroxydes vorgeschlagen wurde, erlässlich.

Diese Barythydratlösung wurde durch ein Filter in eine Flasche gegossen, welche mit kohlensäure - freier Luft gefüllt war und mit einer Messbürette in Verbindung stand. Auf diese komme ich noch zu sprechen.

Messgefässe.

Als ich ursprünglich nach der Methode, die W. Hesse[1] anwandte, die Alkalinität des Barytwassers in der Weise bestimmen wollte, dass ich mittelst der von ihm angegebenen Saugvorrichtung aus dem Gefässe, das den Vorrath an Barytwasser enthielt, eine Bürette voll heraushob, dann eine bestimmte Anzahl CC. hievon in ein Kölbchen fliessen liess und mit Oxalsäurelösung unter Anwendung von Phenolphtalein als Indicator titrirte, wurde ich durch die grossen Differenzen, die die einzelnen Bestimmungen aufwiesen, gar bald belehrt, dass auf diese Weise Resultate von der Genauigkeit nicht erhältlich waren, wie sie wünschenswert sind, wenn mit so geringen Luftmengen wie in meinem Falle operirt wird.

---

dargestellten und von überschüssigem kohlensauren Baryt abfiltrirten — Lösung von Bariumcarbonat, welche sich auf Zusatz einiger Tropfen Phenolphtaleinlösung roth färbte, bedurften zu ihrer Entfärbung, wenn der Säurezusatz in der Kälte geschah, 0·126 CC. einer Oxalatlösung, von welcher 1 CC. — 0·1 CC. CO_2 entspricht. Das gäbe also für je 10 CC. Barytwasser einen Fehler von 0·01 CC. CO_2, die zu viel gefunden würden.

Wird diese Titration in der in einem Porzellanschälchen kochenden Lösung vorgenommen, so sind zur Entfärbung 0·574 CC. der angegebenen Oxalatlösung nöthig. Daraus berechnet sich, unter der Annahme, dass alle CO_2, die durch die Oxaslsäure frei wurde, aus der kochenden Flüssigkeit entwich, eine Löslichkeit von 51 Mgm. $BaCO_3$ im Liter Wasser. Fresenius (Annal. der Chem. und Pharm. 59, 117) fand 71 Mgm. im Liter.

[1] Vierteljahrschft f. gerichtl. Medicin u. öff. Sanitätswesen 38. B., 140.

Schrittweise modificirte ich nun die Methodik dieses Verfahrens und erreichte endlich eine constante und sehr befriedigende Übereinstimmung der einzelnen Titerbestimmungen dadurch, dass ich die Titration in einem Kölbchen vornahm, das von Kohlensäure befreite Luft enthielt, und Messgefässe in Anwendung brachte, welche eine höchst genaue Messung des Barytwassers und der Oxalsäurelösung gestatten.

Barytwasserbürette.

Fig. 2 auf der beigegebenen stellt die 10 CC. Bürette dar, welche ich zur Abmessnng des Barytwassers benützte.[1]

Das Glasrohr *m*, welches durch einen Kautschuckschlauch mit dem Messgefäss *n* verbunden ist, ist in den Kork, der den Tubus des Vorrathsgefässes verschliesst, drehbar eingesetzt. Wird dieses Rohr horizontal gestellt, so veranlasst die entsprechende Drehung des mit etwas Vaselin eingefetteten Zweigweghahnes *o* die Füllung des Gefässes *n* und eine weitere Drehung desselben Hahnes um 180° bewirkt dessen Entleerung durch das Ausflussrohr *p*. In das Vorrathsgefäss *V* und auch in das durch einen Kautschukschlauch damit verbundene Messgefäss kann nur Luft gelangen, welche die Vorlage *q* passirt hat, die Kalilauge enthält. Auch die Flüssigkeit, mit welcher die Ausflussröhre *p* gefüllt ist, ist vor dem Zutritt der atmosphärischen Kohlensäure durch eine darüber gesteckte Eprouvette, die am Grunde etwas Barytwasser enthält, geschützt (*r*).

Soll nun die Menge Barytwasser, welche das Messgefäss *n* innerhalb der beiden Marken fasst, in das dazu bestimmte Kölbchen abgelassen werden, so kann es geschehen, dass das Flüssigkeitsniveau im Gefässe *n* schon die untere Marke erreicht hat, ohne dass auch der letzte Tropfen von der Mündung des Ausflussrohres gleichzeitig abfällt oder abgeschnellt werden kann. Die daraus entspringenden Ungenauigkeiten wurden nun dadurch umgangen, dass dem Ausflussrohr eine Länge von 35 Ctm. gegeben und es soweit in das Kölbchen hineinragen gelassen wurde, dass dessen Ende gerade das Niveau der im Kölbchen angesammelten Flüssigkeit erreicht.

---

[1] Blochmann, Ann. d. Chem., 39, 237, (1886) verwendet ein ähnliches Messgefäss.

Bei der allseitigen Beweglichkeit des ganzen Messapparates ist das Tieferschieben der Ausflussröhre in das Kölbchen durch die Propfbohrung ohne alle Schwierigkeiten zu bewerkstelligen.

Die Röhrchen, in welche des Messgefäss *n* beiderseits ausläuft und an welchen auch die Marken mit einem Diamanten eingezeichnet sind, sind fast capillar im Lumen. Dadurch wird die Abmessung auf Tausendel CC. genau.

Säurebürette.

Da jeder Ablesungsfehler von 0·01 CC., welcher bei der Messung der zur Titration des Barytwassers verbrauchten Säuremenge (vom früher angegebenen Wirkungswerthe) gemacht wird, ein Plus oder Minus von 0·001 CC. CO_2 bedingt, welches Quantum je nach der Anhäufung von Kohlensäure in der Luft einen Fehler von 0·1 bis 0·5 % (bei Schulluft) und bis 3% (bei Aussenluft) des Kohlensäuregehaltes der in Untersuchung gezogenen Luft (vom Volumen einer Kugel) ausmachen kann,— bei den gewöhnlich üblichen, wenn auch genauest gearbeiteten Büretten die Abmessung auf 0·01 CC. überhaupt aber nur mehr schätzungsweise geschieht, so schien es nothwendig, zur Bestimmung des verbrauchten Säurequantums ein Messgefäss in Anwendung zu bringen, das 0·01 CC. mit voller Genauigkeit und 0·001 CC. schätzungsweise abzulesen gestattet. Selbstverständlich muss die Empfindlichkeit des Indicators ebenso weit reichen.

Durch die Anwendung von Phenolphtalein als Indicator und der Messbürette, welche in Fig. 3 dargestellt ist, ist diese erwünschte Genauigkeit der Messung ohne alle Schwierigkeit zu erreichen.

Die Bürette besteht aus den calibrirten Röhren *A* und *B*, welche durch den Hahn *C* untereinander und auch mit dem Vorrathgefäss *D* in Communication gesetzt werden können. *A* fasst 25 CC. und ist in 0·1 CC. getheilt, *B* fasst 1 CC., der in 0·01 CC. getheilt ist. Das zwischen diesen beiden calibrirten Röhren befindliche Rohr *E* vermittelt die Communication mit dem Vorrathsgefäss.

Der Zweigweghahn *C* ist derselbe, wie er bei der Barytwasserbürette angebracht ist und durch dieselben Vorkehrungen,

wie sie dort beschrieben wurden, wird auch hier die Flüssigkeit an der Aufnahme von atmosphärischer Kohlensäure gehindert. Die Bürette ist auf einer Tafel Hartgummi (Ebonit) *G* befestigt und derart durch ein Stück Kautschukschlauches *s*, welches am mittleren Rohr *E* angebracht ist, mit dem im Tubus der Vorrathsflasche befindlichen Glasrohre verbunden, dass der ganze Messapparat beweglich ist.

Es ist noch zu bemerken, dass sich in der Messröhre *A* ein Schwimmer befindet, der vollkommen senkrecht steht und einen scharfgezeichneten, vollkommen in einer Ebene liegenden Kreis als Marke trägt und dass die Abflussröhre *t* dieselbe Länge und denselben Umfang hat, wie bei dem Messgefässe, das für das Barytwasser bestimmt ist. Der Theil der Bürette, welcher den Zweigweghahn *C* trägt und in der Zeichnung unterhalb der Punktirung liegt, ist horizontal aufgebogen.

Zur Erläuterung der Handhabung dieses Messapparates dürften einige Worte am Platze sein.

Durch die entsprechende Stellung des Zweigweghahnes *C*, welche sich aus seiner Construction ergibt, wird vorerst die Röhre *A* vom Vorrathsgefäss aus mit der Säureflüssigkeit bis über die Calibrirung hinaus gefüllt und dann durch die Drehung des Zweigweghahnes um 180° und durch die Öffnung des an der 1 CC. Röhre angebrachten Hahnes *u* in dieser die Flüssigkeit genau bis zum 0 Punkt steigen gelassen. Ist dies erreicht, so wird der kleine Hahn *u* geschlossen und nun durch Öffnen des Hahnes *v* so lange Flüssigkeit aus der Röhre *A* ausfliessen gelassen, bis die Marke des darin befindlichen Schwimmers scharf mit dem 0 Punkt der Calibrirung zusammenfällt. Auch die Ausflussröhre *t* füllt sich dadurch mit der Titerflüssigkeit.

Nun wird zur Titration geschritten und so lange die Säurelösung aus *A* durch den Hahn *v* ausfliessen gelassen, bis durch die vorgeschrittene Entfärbung des Indicators der Endpunkt der Reaction nahe erscheint. Darauf wird durch eine entsprechende Drehung des Zweigweghahnes *C* der Zufluss aus *A* abgeschnitten und nach Öffnung des Hahnes *u* die Titration aus der 1 CC. Röhre beendet. Zu dem Behufe wird, ebenso, wie ich es bei der Barytwasserbürette erwähnte, die Ausflussröhre *t* bis zur Be-

rührung der im Kölbchen befindlichen Flüssigkeit in das Kölbchen hineinragen gelassen und das Ausfliessen der Oxalatlösung durch das Sinken des Niveaus der Flüssigkeit in der 1 CC. Röhre regulirt. Während des Zufliessens, das natürlich zum Schluss sehr langsam zu geschehen hat, wird das Kölbchen und mit diesem der Messapparat, der diese Bewegung zulässt, sanft umgeschwenkt.

Das Ablesen der verbrauchten Säuremenge geschieht nun auf die Weise, dass durch ein entsprechend vorsichtiges Drehen des Zweigweghahnes *C* eine äusserst geringe Communication zwischen den beiden Büretten zuerst hergestellt und dann rasch aufgehoben wird, wenn die Kreismarke des Schwimmers und irgend ein Theilstrich der Calibrirung der Röhre *A* dem Auge genau als eine Linie erscheinen.

Auf die Schärfe dieser, sowie der beim 0 Punkt vorausgegangenen Einstellung ist alle Aufmerksamkeit zu verwenden, da auf der fehlerlosen Ablesung dieser Marken die Genauigkeit des Instrumentes beruht. Im Messrohre *A* wird demnach nur der Verbrauch der ganzen und 0·1 CC. angezeigt, während in der Messröhre *B* neben sicherer Ablesung der 0·01 CC. auch der Verbrauch der 0·001 CC. durch Schätzung bestimmt wird. Durch Addition dieser beiden Angaben ist also die zur Titration verbrauchte Säuremenge bis auf Tausendstel CC. genau gegeben. [1]

Ausführung der Bestimmung.

Titerstellung des Barytwassers.

Bei allen Verfahren zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft, welche darauf beruhen, dass aus der Abnahme der Alkalinität des mit einem abgemessenen Volumen Luft in Berührung gebrachten Barytwassers auf die Menge der absor-

---

[1] Die von Fabriken gelieferten Messröhren sind nie sehr genau calibrirt. Es wird sich darum empfehlen, den Wert einzelner Theilstriche durch Wägung festzustellen und diese, in einer Tabelle niedergelegten, Bestimmungen bei der Ablesung, beziehungsweise Rechnung zu benützen.

birten Kohlensäure geschlossen wird, ist es natürlich vor allem nothwendig, die Alkalinität des angewandten Barytwassers genau zu kennen. Diese Kenntnis liegt allen weiteren Bestimmungen zu Grunde.

Zur Titerstellung benützte ich dieselben Kölbchen, welche bei der nachherigen Bestimmung der Kohlensäure in Anwendung kommen. Sie haben die in Fig. I angegebene Form *x*, welche ich wählte, damit bei der vergrösserten Flüssigkeitsschichte die Luftblasen, welche bis an den Grund des Kölbchens geleitet werden, einen längeren Weg in der alkalischen Flüssigkeit zurücklegen müssen und weil dadurch der Endpunkt der Titration, die vollkommene Entfärbung des Indicators, schärfer erkannt wird. Ein solches Kölbchen fasst bis zur Halsmündung circa 200 CC. und ist mit einem Propf von grauem vulcanisirtem Kautschuk, der drei Bohrungen besitzt, verschlossen. Zwei dieser Bohrungen enthalten die Röhren a' (capillar im Lumen) und b' von der in der Zeichnung ersichtlich gemachten Form. Der dritten Bohrung, welche in der Fig. I mit einem Glasstab c' verschlossen ist, ist bei der Wahl des Propfens besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Sie ist zur Aufnahme der Ausflussröhren der beiden Messgefässe bestimmt, muss daher von einem Lumen sein, welche dem Umfange dieser Röhren entspricht und ferners, um das Verschieben derselben zu erleichtern, auch glatt im Verlaufe sein.[1]

Die ausserhalb des Kölbchens befindlichen rechtwinklig abgebogenen Enden der Röhrchen a' und b' sind mit Kautschukschläuchen verbunden. Der an b' ist circa 30 Ctm. lang, der bei a' misst circa 5 Ctm. und enthält am freien Ende ein circa 4 Ctm. langes beiderseits offenes Glasröhrchen d' von sehr engem Lumen. Durch die Quetschhähne kann der Inhalt des Kölbchens vollkommen abgeschlossen werden.

Die so armirten Kölbchen werden nun vorerst mit Luft, die von Kohlensäure befreit wurde, gefüllt. Dies geschieht dadurch, dass mehrere derselben (3 bis 6 Stück) mittelst der daran befindlichen Kautschukschläuche aneinander geschlossen und dann

---

[1] Ist das Lumen eng oder etwas rauh, so leistet ein Einstäuben von Talkpulver oder Alum. plumos. sehr gute Dienste. Einfetten ist durchaus zu vermeiden.

mit einer Waschflasche verbunden werden, welche Kalilauge enthält und durch welche mit Hilfe der (in der Zeichnung Fig. 4 angeführten) Sprengel'schen Vorrichtung[1] Luft gepresst oder mittelst eines Aspirators gesaugt wird. Sind die Kölbchen nach Verlauf von 10 bis 20 Minuten mit kohlensäure-freier Luft gefüllt, so werden die Kautschukschläuche mit den Quetschhähnen geschlossen, die Kölbchen von einander getrennt und mit jener Menge Barytwasser, welche der früher beschriebene Messapparat fasst, versehen.[2] Dieses wird nun mit der gestellten Oxalatlösung vermittelst der früher angegebenen Säurebürette titrirt. Zur Neutralisation von 10 CC. meines Barytwassers — soviel fasst der Messapparat — waren circa 18 CC. der Kaliumtetraoxalatlösung nöthig. Um während des Einfliessens der Säureflüssigkeit der Luft des Kölbchens einen Abzug zu verschaffen, wird der Quetschhahn, welcher den längeren Kautschukschlauch verschliesst, ein oder das anderemal momentweise geöffnet.

Die Differenzen, welche die einzelnen Titerbestimmungen nach dieser Methode aufweisen, betragen bei genauer Arbeit nicht mehr als Tausendel CC. der Oxalatlösung.

Kohlensäurebestimmung.

Nachdem nun der Wirkungswert der Titrirflüssigkeiten festgestellt und dafür vorgesorgt wurde, dass deren Beschaffenheit sich in den Vorrathsgefässen nicht verändert, ist die Ermittlung des Kohlensäuregehaltes der zur Untersuchung in dem Kugelapparat aufbewahrten Luftvolumina leicht und rasch auszuführen.

Drei Kölbchen, welche (wie vorhin bei der Stellung des Baryttiters) mit kohlensäure-freier Luft gefüllt, mit dem genau abgemessenen Quantum Barytwasser vom bekanntem Gehalte versehen und mittelst der Quetschhähne und des Glasstabes *c* wohl verschlossen waren, wurden in einer zum Transport geeigneten Schachtel an den Ort gebracht, wo die Füllung des

---

[1] Pogg. Ann. 112.

[2] Flitterchen, die an der Oberfläche des Barytwassers erscheinen, zeigen sehr scharf einen noch vorhandenen CO_2-gehalt der Luft des Kölbchens an.

Kugelapparates mit der zu untersuchenden Luft geschah. Hier wurden nun die Kölbchen mittelst gestielter Klemmen *c'* — ich verwendete hiezu hölzerne Eprouvettenhälter, die in die Bohrungen der Kästchenwand gesteckt wurden — an der Aussenwand des Kästchens dieses Apparates befestigt und die Glasröhrchen *d'* mit den Kautschukschlauchstücken *b*, welche am Apparat angebracht sind, in Verbindung gesetzt. Nun wird durch Saugen mit dem Munde an den längeren bei *b'* angesteckten Kautschukschläuchen bei gleichzeitigem Öffnen der entsprechenden Quetschhähne in den Kölbchen ein etwas evacuirter Raum hergestellt, um für die Luft der Kugeln Platz zu schaffen, dann das Quecksilbergefäss bis zum Stift 4 gehoben, die Quetschhähne zwischen *a'* und *d'* von den Verbindungsschläuchen entfernt und die Hähne der Kugeln geöffnet. Durch das in die Kugeln dringende Quecksilber wird nun die in denselben enthaltene Luft in die vorgelegten Kölbchen gedrängt.

Sind die Kugeln zu dreiviertel Theilen mit Quecksilber gefüllt, so findet gewöhnlich kein weiteres Steigen desselben mehr statt. Um diesen Gleichgewichtszustand zu beheben und auch den letzten Theil der aufgefangenen Luft in das Kölbchen zu bringen, wird an das Röhrchen *g* im Verschlusse des Quecksilbergefässes ein Kautschukventilapparat angebracht und mittelst dieses ein Druck auf das Quecksilber im Reservoir ausgeübt, welcher dasselbe in den Kugeln bis zu den Hähnen steigen macht.

Ist dies geschehen, so werden die Hähne der Kugeln und die Quetschhähne bei *a'* geschlossen, die Kölbchen durch das Entfernen der Glasröhrchen *d'* aus den Verbindungsstücken *b* vom Apparat genommen, nach dem Laboratorium gebracht und dort die Titration ausgeführt.

Das Einleiten der Luft der Kugeln in die Kölbchen wird derartig regulirt, dass dieselbe in Bläschenreihen das Barytwasser passirt. Dies braucht jedoch nicht zu ängstlich zu geschehen, da ja die Luft, nachdem der ganze Inhalt einer Kugel in das Kölbchen gebracht ist, in demselben vollkommen abgeschlossen wird, dort beliebig lang mit dem Barytwasser in Berührung gelassen und die Absorption obendrein durch sanftes Umschwenken des Kölbchens unterstützt werden kann.

Im Kölbchen herrscht ein Überdruck. Dadurch ist, wenn behufs Einführung der Säurebürette der Glasstab *c'* aus der dritten Bohrung des Propfens auch in einem kälteren Raum als der, in welchem die Füllung geschah, entfernt wird, einem Einströmen der Luft dieses Raumes in das Kölbchen vorgebeugt und gleichzeitig ein Anzeichen für den guten Verschluss geschaffen, wenn bei der Öffnung das zischende Geräusch der ausströmenden Luft vernehmbar ist.

Die Ausführung der Titration geschieht auf dieselbe Weise, wie die Bestimmung des Titers vom Barytwasser. Während des Säurezuflusses wird durch eine sanfte Schwenkung des an die Säurebürette angesteckten Kölbchens die darin befindliche Flüssigkeit in Bewegung gehalten und als Endpunkt der Titration die erst auftretende Entfärbung derselben,[1] welche beim Durchblick auf eine weisse Unterlage bei einiger Übung scharf erkannt wird, angenommen. Bleibt das Kölbchen mit der entfärbten Flüssigkeit vor Luftzutritt geschützt stehen, so tritt nach wenigen Minuten eine schwache Nachfärbung[2] ein.

Ich habe mich bemüht, der Ursache derselben auf den Grund zu kommen und gefunden, dass der Austritt von Kohlensäure

[1] Da die Säureflüssigkeit mit Phenolphtalein versetzt ist, so verursachen schon die ersten Tropfen derselben, die in das Barytwasser einfallen, eine Rothfärbung der zu titrirenden Flüssigkeit.

[2] Diese Erscheinung der Nachfärbung kann vielleicht als ein experimenteller Beleg für die Annahme gelten, dass der in der That merkwürdigen Constanz des Kohlensäuregehaltes der atmosphärischen Luft die regulirende Wirkung des Meerwassers zu Grunde liegt.

Die Entfärbung der titrirten Flüssigkeit im Kölbchen erfolgt durch die Kohlensäure, welche durch die Oxalsäure aus dem gelösten $BaCO_3$ freigemacht wurde und die sich in der Flüssigkeit löst. Die Luft über der Flüssigkeit, die von CO_2 absolut frei ist, entzieht nun aber der Flüssigkeit einen Theil der gelösten CO_2 und es tritt die Nachfärbung ein.

Ebenso nimmt Schulze und Schlössing an und Spring und Roland, sowie auch Van Nüys schliessen sich dieser Ansicht an, dass die atmosphärische Luft bis zur Erreichung jener Kohlensäurespannung, welche dem Normalgehalt der Luft an derselben gleichkommt, entweder CO_2 aus dem Meerwasser aufnimmt, wenn sie weniger davon enthält, als dieser Spannung entspricht oder von dieser an dasselbe abgibt, wenn der Gehalt höher als der normale ist.

Von diesen Gesichtspunkten aus muss es als ganz unstatthaft hingestellt werden, wenn von manchen Autoren die Füllung der Gefässe mit

aus der Flüssigkeit in die im Kölbchen befindliche Luft diese Erscheinung hervorruft. Die Nachfärbung tritt nämlich rascher und intensiver ein, wenn durch die entfärbte Flüssigkeit kohlensäure-freie Luft geleitet wird oder wenn die farblose Flüssigkeit in einem Silberkölbchen, das mit CO_2 freier Luft gefüllt ist, erhitzt wird. Wenn atmosphärische Luft in's Kölbchen dringt, bleibt sie aber farblos.

Mit Benützung des angegebenen Verfahrens habe ich eine ziemlich grosse Anzahl Kohlensäurebestimmungen von Luft aus Schulräumen ausgeführt. Da aber die erhaltenen Resultate keine Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Exactheit des Verfahrens bieten, so glaube ich von einer Veröffentlichung derselben an dieser Stelle absehen zu sollen.

Nur einige Beispiele will ich anführen, um die Anhäufung von Kohlensäure in einem nicht ventilirten Schulraume zu demonstriren:

Datum	CO_2gehalt der Luft in Volum-Procent			Schülerzahl	Anmerkung
	im Corridor	vor dem Unterricht	nach 3stündigem Unterricht		
24. Jänner	—	0·078	0·620	58	1 Gasflamme brannte durch nahezu 1 Stunde
31. Jänner	0·047	0·092	0·637	58	4 Gasflammen brannten durch ½ Stunde
1. Februar	0·056	0·088	0·557	56	Keine Flamme

der zu untersuchenden Luft in der Weise bewerkstelligt wird, dass sie die mit Wasser gefüllten Gefässe an den Ort, dessen Luft geprüft werden soll, bringen und das Wasser dortselbst ausfliessen lassen. Wenn Blochmann hiezu ein Wasser verwendet, dessen freie CO_2 er erst mit Baryumhydroxyd absättigte, so ist dadurch allerdings die Möglichkeit, dass dasselbe CO_2 an die zu untersuchende Luft abgibt, ausgeschlossen, dafür aber die Wahrscheinlichkeit nur vergrössert, dass es CO_2 der Luft, die zur Untersuchung verwendet wird, entzieht.

Die Daten betreffen dasselbe Lehrzimmer.

Die Berechnung geschieht mit Berücksichtigung der Temperatur und des Barometerstandes und Zurückführung des in Untersuchung gezogenen Luftvolums auf 0° und 760 Mm. Druck.

Bei der Herstellung des früher beschriebenen Kugelapparates hatte ich vor Allem dessen Bestimmung, die Entnahme der Luft aus dem besetzten Lehrzimmer, im Auge. Dazu erschien es wünschenswerth, dass die Füllung der Kugeln mit Luft auch von ungeübten Händen verlässlich vorgenommen werden kann, dass dieselbe möglichst wenig Zeit in Anspruch nimmt und der Unterricht dadurch nicht gestört wird. Der Gebrauch des Quecksilbers als Verdrängungsflüssigkeit liess sich nicht umgehen, da alle anderen Flüssigkeiten Kohlensäure aufnehmen und darum mussten die Dimensionen der Kugeln so gering gehalten werden, wenn nicht anders der Apparat seine leichte Tragbarkeit einbüssen sollte.

Zeigen sich nun diese geringen Luftvolumina zur Untersuchung der Schulluft bei dem Umstande, als erfahrungsgemäss in 100 CC. derselben dieselbe Menge Kohlensäure, wie in 1 bis 3 Litern Aussenluft enthalten ist, genügend gross, um die darin enthaltene Kohlensäure auf weniger als $1\%_0$ vom Kohlensäuregehalte genau bestimmen zu können, so lässt aber anderseits die mit demselben Volumen Aussenluft vorgenommene CO_2 ermittlung an Genauigkeit etwas zu wünschen übrig. Bei dieser Bestimmung dürften auch bei genauester Arbeit gegen $3\%_0$ des CO_2gehaltes unsicher erscheinen. Für diesen Fall wäre es demnach, wenn eine grössere Genauigkeit der Bestimmung erreicht werden soll, angezeigt, grössere Volumina Luft in Untersuchung zu nehmen.

Dazu lässt sich nun der beschriebene Apparat, der immerhin den Vorzug grösserer Exactheit anderen Luftfüllungsmethoden gegenüber für sich in Anspruch nehmen kann, leicht modificiren, ohne dass der Umfang desselben wesentlich vergrössert und die Menge des Quecksilbers vermehrt werden müsste. Allerdings geschieht dies auf Kosten der einfachen und raschen Handhabung desselben.

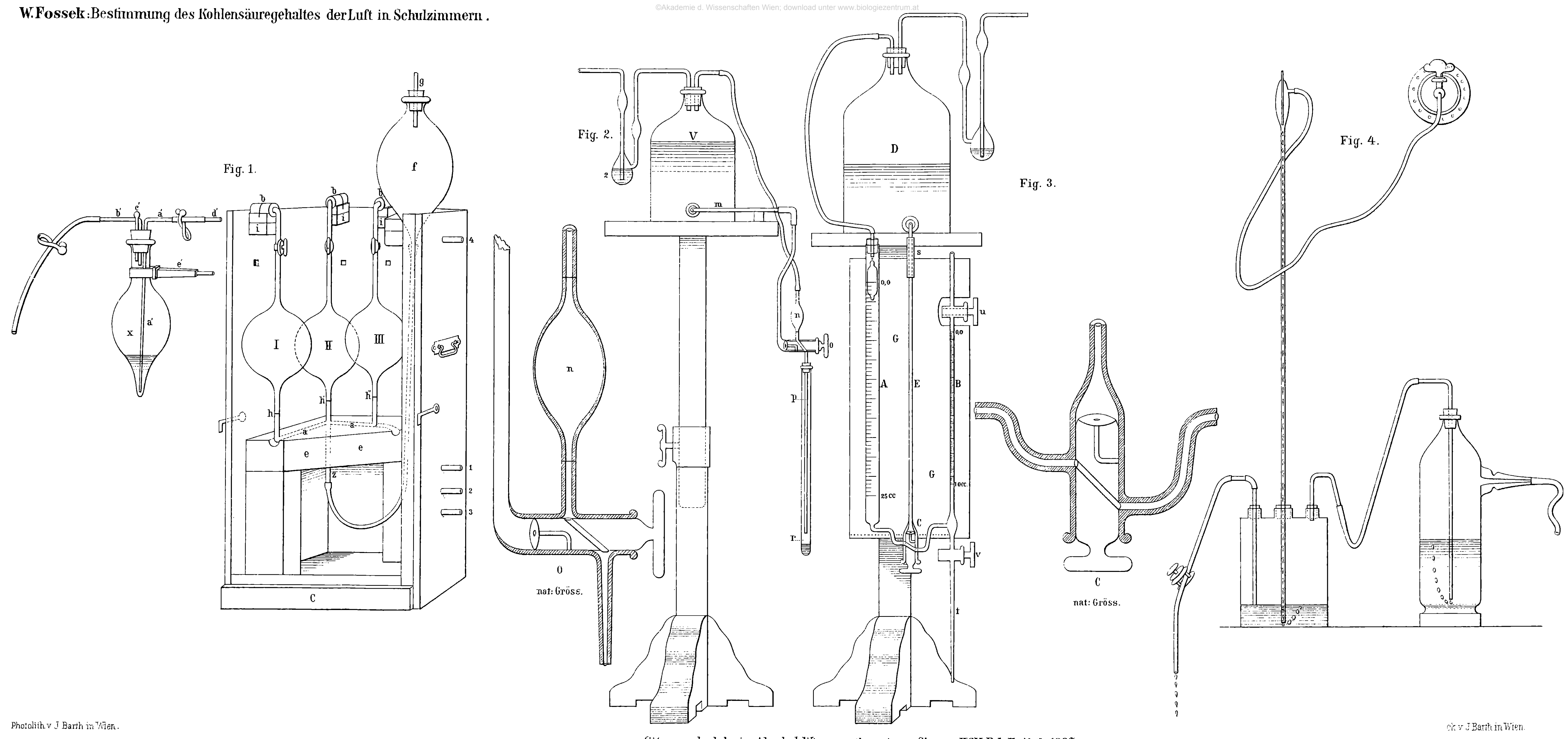


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
nat: Gröss.
nat: Gröss.

Es wird sich demnach empfehlen, zur Untersuchung der Luft der besetzten Lehrzimmer den früher angegebenen Apparat zu verwenden, zur Aufnahme der Luft gut ventilirter Räume oder der Aussenluft aber, wenn auf eine weitgehende Genauigkeit der CO_2bestimmung Werth gelegt wird, einen zweiten Apparat zu benützen, welcher wie folgt, modificirt ist.

Die Einrichtung des Kugelapparates bleibt so, wie sie früher beschrieben wurde, nur wird der Fassungsraum der einzelnen Kugeln verdreifacht und an die Stelle der Marken, welche an den Röhrenstielen unter den Kugeln angebracht sind, treten Hähne. Das Quecksilberquantum im beweglichen Behälter, welches nicht vermehrt wird, reicht nun nur zur Füllung einer Kugel aus und es kann darum die Füllung der Kugeln nun nur nacheinander geschehen. Ebenso auch das Herausdrängen der Luft aus denselben.

Die erforderlichen Manipulationen sind also vermehrt und nehmen mehr Zeit in Anspruch; Umstände, die aber hier darum weniger wesentlich sind, da dieselben nicht im besetzten Schulraume vorgenommen werden.
